

Aus der Konservierenden Abteilung
(Leiter: Professor Dr. Dr. W. Ketterl)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. F. Jung

Oberflächenuntersuchungen
an polierten und unpolierten Amalgamfüllungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
Annemarie Holland-Moritz, geb. Zeller
aus Schwäbisch-Hall

– Mainz 1968 –

Aus der Konservierenden Abteilung
(Leiter: Professor Dr. Dr. W. Ketterl)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Direktor: Professor Dr. F. Jung

OBERFLÄCHENUNTERSUCHUNGEN
AN POLIERTEN UND UNPOLIERTEN AMALGAMFÜLLUNGEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

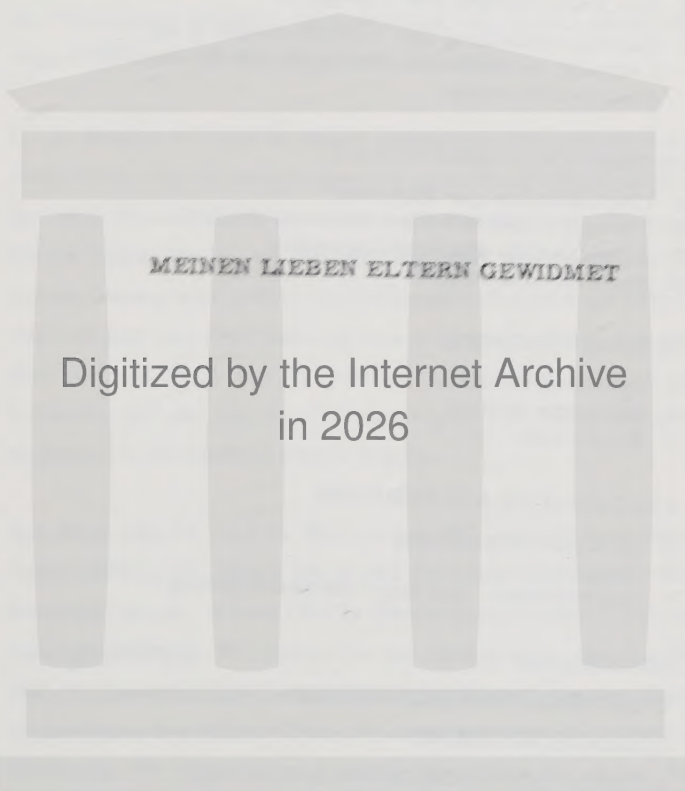
vorgelegt von

Annemarie Holland-Moritz, geb. Zeller
aus Schwäbisch-Hall

- Mainz 1968 -

Dekan: Professor Dr. Dr. G. Thews
Referent: Professor Dr. Dr. W. Ketterl





MEINEN LIEBEN ELTERN GEWIDMET

Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSVERZEICHNIS

I ALLGEMEINE EINFÜHRUNG	1
A Zur Verarbeitung des Amalgams	1
B Zusammenstellung der verschiedenen in der Literatur empfohlenen Methoden zur Politur von Amalgamfüllungen	6
II UNTERSUCHUNGSMETHODEN	10
A Möglichkeiten zur Messung	10
B Die Definition der Oberflächenrauigkeit	10
C Arbeitsweise des Profilographen	12
D Replikareliiefmethode	15
III EIGENE VERSUCHE	20
A Versuche in vitro	20
B Versuche in vivo	21
C Ergebnisse	23
IV STATISTISCHE AUSWERTUNG	33
A Häufigkeitsverteilung	33
B Streuung	36
C Korrelations- und Regressionsrechnung	39
V ERGEBNISSE	51
VI DISKUSSION DER ERGEBNISSE	52
VII ZUSAMMENFASSUNG	54
VIII LITERATURVERZEICHNIS	56

I ALLGEMEINE EINFÜHRUNG

A Zur Verarbeitung des Amalgams

Die außerordentliche Bedeutung des Amalgams als Füllungs-
material zeigt sich schon in den vielen Untersuchungen über
die Amalgame und ihre Verarbeitung, die in der zahnärztli-
chen Literatur veröffentlicht worden sind.

L. J. Baume (3) fand in einem deutschen Rezeptbuch aus dem
Jahre 1601 eine Herstellungsvorschrift für Kupferamalgam
mit dem Hinweis, daß man diese plastische Masse in hohle
Zähne füllen könne, wo sie hart wie Stein werde. Diese Amal-
gammischung war jedoch als Füllungsmaterial noch sehr un-
vollkommen und pharmakologisch sehr bedenklich. Sie ließ
sich bis zum Ende des 19. Jahrhunderts jedoch so weit ver-
bessern, daß sie nun als Silberamalgam für Zahnfüllungen
allgemeine Anwendung finden konnte.

Am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts beschäf-
tigten sich G. V. Black (5) in den Vereinigten Staaten von
Amerika und A. Witzel (39) in Deutschland intensiv mit der
Amalgamfüllung. Sie kamen zu der Erkenntnis, daß die Güte
und die Dauerhaftigkeit der Füllung nicht nur von der Zusam-
mensetzung der Silber-Zinn-Feilung, sondern in demselben
Maße von der Verarbeitung dieses Materials durch den Zahn-
arzt abhängig seien.

1938 schreibt H. Greth (13), daß in der Sozialpraxis in vie-
len Fällen eine Politur von Amalgamfüllungen nicht mehr für
erforderlich gehalten und deshalb nicht mehr vorgenommen

werden. Diese Tatsache sei mitschuldig daran, daß diese Amalgamfüllungen in wenigen Jahren nicht mehr so aussähen, wie zu erwarten wäre. Auch die Amalgamfüllung erfordere, wie jede andere Füllung eine sehr sorgfältige Verarbeitung. Bei einer guten Kondensation und einer anschließenden Politur würden etwaigen korrosionsbegünstigenden Stoffen nur sehr geringe Angriffsflächen geboten und die Füllungen vor Verfärbungen und Auflösungserscheinungen wesentlich besser geschützt.

Damit sind einige Forderungen, die an ein Füllungsmaterial gestellt werden müssen, genau festgelegt:

1. Eine leichte Verarbeitungsmöglichkeit ohne zuviel Zeitaufwand,
2. eine dauerhafte und volumenbeständige Ausfüllung der Kavität,
3. ein ästhetisch befriedigendes Ergebnis,
4. keine Schädigung der Pulpa durch das Füllungsmaterial.

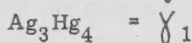
Wie wichtig die Forderung nach einer volumenbeständigen Ausfüllung der Kavität ist, zeigt sich deutlich an den Untersuchungen von A. Cohnert (7), die dieser an der Göttinger Klinik an 10.000 Amalgamfüllungen vorgenommen hat. Hierbei konnte festgestellt werden, daß die Volumenbeständigkeit der Füllungen und damit die Dauerhaftigkeit des Rand-schlusses der ausgefüllten Kavität bei einer unpolierten Füllung weniger gewährleistet ist als bei einer polierten Füllung und dadurch der Entstehung von Sekundärkaries Vorschub

geleistet wird. Dieser Prozeß der Volumenabnahme silberreicher Amalgame ist zum größten Teil auf ihre Korrosion zurückzuführen.

Unter Korrosion versteht man, wie Stegemann (35) schreibt, Auflösungserscheinungen fester Stoffe. Diese Vorgänge nehmen von der Oberfläche her ihren Ausgang, indem bei Metallen oder Legierungen ein oder mehrere Bestandteile in Lösung gehen. Es handelt sich also um einen elektrochemischen Vorgang, der sich in Gegenwart von Säuren oder Basen abspielt. Sowohl schwache als auch starke anorganische oder organische Säuren reichen aus, um diese Erscheinung hervorzurufen. Solche Stoffe - zum Beispiel die Milchsäure und die Brenztraubensäure - sind in jeder Mundhöhle in unterschiedlichem Ausmaß vorhanden. Dieser Prozeß kann eintreten, wenn nur ein Metallgegenstand vorhanden ist - man spricht dann von Selbstkorrosion -, oder es tritt eine Berührungskorrosion ein. In letzterem Fall sind mehrere Metallgegenstände da, die durch einen korrosionsfördernden Stoff in Verbindung stehen. Die Stärke der Korrosion hängt dabei nicht nur von der Art des Metalls oder der Legierung ab, sondern auch von der Art des elektrochemischen Angriffs. Zunächst ist es wichtig zu wissen, ob es sich "um ein Metall, eine Legierung oder einfache eutektische Gemische handelt," (nach Rebel 31). Weiterhin ist die Stellung des Metalls in der Spannungsreihe von großer Bedeutung. Schließlich spielt auch die fachgerechte Verarbeitung des Metalls eine große Rolle. Letzteres bedeutet bei Amalgamfüllungen eine gute Kondensation des Füllungsmaterials und eine frühestens 48 Stunden

später erfolgende sorgfältige Politur.

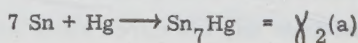
Heute wird fast ausschließlich eine 67%ige Silberamalgamfeilung verwendet. Es handelt sich dabei, wie Loebich (24) angibt, um eine Legierung aus Silber, Zinn und Quecksilber mit Zusätzen von Kupfer und eventuell Zink. Sie besteht nach Loebich (24) im Zusammensetzungsbereich der Zahnamalgame aus drei Phasen:



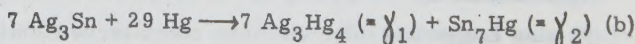
SnHg-Mischkristall mit einer Sn_7Hg entsprechenden Zusammensetzung = γ_2

Das Abbinden und Erhärten des Amalgams kann an folgenden Gleichungen gezeigt werden:

1. Aus Zinnpulver und flüssigem Quecksilber entsteht ein festes, hartes, nicht knetbares Zinnamalgam:



2. Aus der γ -Phase der Amalgamlegierung und dem flüssigen Quecksilber entstehen zwei feste Amalgame: γ_1 und γ_2



Das flüssige Quecksilber verschwindet unter dem Abbinden und Erhärten des Amalgams.

Nach Gleichung (a) sind 0,3 g Quecksilber pro 1 g Zinn, nach

der Gleichung (b) sind pro 1 g γ -Phase 2 g Quecksilber nötig, damit alles Zinn bzw. alles Ag_3Sn umgesetzt wird. In der zahnärztlichen Praxis wird stets weniger Quecksilber verwendet, etwa 1 g Quecksilber für 1 g Silber-Zinn-Späne. Deshalb ist immer noch freies AgSn , das an dem chemischen Umwandlungsprozeß nicht teilgenommen hat, vorhanden.

Unter den drei Komponenten ist der Zinn-Quecksilber-Mischkristall ($= \gamma_2$) am unbeständigsten. Das Zinn löst sich zum Teil im Korrosionsmittel, während das dabei frei gewordene Quecksilber sich mit den Resten der Amalgamfeilung verbindet. Die so durch den Korrosionsprozeß geschädigten Oberflächenbezirke unterliegen nun der hier angreifenden Wirkung von schwefelhaltigen Materialien. Dabei bilden sich dann die im allgemeinen schwarz gefärbten Metallsulfide (nach Rubinstein, 33).

Die Bedeutung der Korrosion liegt für die zahnärztliche Praxis vor allem in folgenden vier Faktoren:

1. Die mechanische Widerstandsfähigkeit der Metallfüllungen wird herabgesetzt. Ihre Oberfläche wird poröser und dadurch auch vergrößert.
2. Die raue Oberfläche leistet einer Belagbildung und damit einer Bakterienansiedlung Vorschub.
3. Durch die sich bildenden Metallsulfide kommt es zu einer Verfärbung der Füllungen.
4. Das gelöste Metall geht in den Organismus über.

Um diese mit Korrosionsbeginn einsetzenden Qualitätsminde-

rungen der zahnärztlichen Amalgamfüllung auf ein Minimum zu beschränken, muß versucht werden, dem Korrosionsprozeß gleich zu Beginn durch eine Politur Einhalt zu gebieten (nach Reinwald, 32). Dabei ist zu beachten, daß jede Erhitzung des Amalgams vermieden wird, da das erhärtete Amalgam bei etwa 80° C schmilzt und aus der γ_1 -Phase freies Quecksilber gelöst wird. Deshalb ist von der Benutzung eines Gummipolierers, eines Ziegenhaarbürstchens oder eines Filzkegels ohne Flüssigkeitszusatz abzusehen.

Die folgende Tabelle soll anzeigen, wie viele Vorschläge zur Lösung dieses Problems schon gemacht wurden.

B Zusammenstellung der verschiedenen in der Literatur empfohlenen Methoden zur Politur von Amalgamfüllungen

Verfasser		Politur	Hochglanz
1. Ambrose, E. R.	(1)	Kleine Spitzen und runde Finierer, trockene und nasse Scheiben, Karbo- rundsteine	Bimsstein auf Spitzen und Bür- sten. ZnO und Alkohol auf Bür- sten oder Gum- minapf
2. Baume, L. J.	(4)	Nasser Finierer, Gummischeiben	Gummipolierer mit Kreide oder Paste
3. Black, G. V.	(5)	Rotierende Papier- scheibe, Holz- und Lederspitzen	Polierstreifen
4. Boitel, R. H.	(6)	Weiche Gummi- näpfe	Bürstchen mit Polierpaste
5. Dolder, E.	(9)	Karborundstein- chen, Finierer, Schlagpolierer	Bürstchen

Verfasser		Politur	Hochglanz
6. Eifinger, E. F.	(10)	Fissurenbohrer, Finierer, wei- che Gummipolie- rer	Filzkegel und Schlämmerkide, Wollhaarbürste und Polierrot
7. Eifinger, E. F.	(11)	Finierer	Bimsstein und einige Tropfen Alkohol
8. Fischer, E. K.	(12)	Finierer, Schlag- polierer, Gummi- polierer, Kugel- polierer	Filzkegel und Schlämmerkide
9. Grundy, I. R.	(14)	Alte Finierer	Bürstchen und Schlämmerkide und Alkohol
10. Häupl, K.	(16)	Runde Stahlfinie- rer oder Steinchen, Gummipolierer	Filzscheiben, Holzspitzen
11. Häupl, K.	(16)	Finierer, Stein- chen, Sandpapier- scheibe, Gummi- polierer	Radbürste und Schlämmerkide
12. Helbig, K.	(18)	Kondensationspoli- tur mit: Finierer, Schlagpolierer, glatte Stahlpolierer	
13. Helbig, K.	(17)	Nasses Steinchen und Gummipolierer, Finierer	Glatte Stahlpolie- rer unter gewis- sem Druck
14. Jeanneret, R.	(19)	Karborundspitzen und Finierer	Burlew Cleaning discs
15. Kantorowicz, G. F.	(20, 21)	Feine Schleifstein- chen mit nassem Bimsstein	Ziegenhaarbürste und ZnO und Al- kohol

Verfasser	Politur	Hochglanz
16. Kilpatrick, H. C. (22)	Mittlere und große Rosenbohrer, stets unter Luftzustrom	Papierdiscs und Gummipolierer unter Wasser mit ZnO und Al- kohol
17. Kröncke, A. (23)	Kugelfinierer ent- sprechend der Ober- flächengröße	Gummipolierer oder Polierbürste und Paste
18. Markley, M. R. (26)	Finierer, harte Bürstchen, nasse Schlämmkreide	Bürstchen und nasses Rouge
19. Miller, E. C. (27)	Steinchen, feuchte Bürstchen und Bimsstein	Abbotsche Rad- bürste und Schlamm- kreide
20. Montag, E. (28)	Anfinieren	Pumis
21. Münch, F. C. (29)	Anfinieren	Filz und Schlamm- kreide
22. Rebel, H. (31)	Feine Steinchen, Gummipolierer, Holzstäbchen und Bimsmehl und Schlämmkreide	Gumminapf und ZnO
23. Schug-Kösters, M. (34)	Schleifsteinchen, Finierer, Schlag- polierer	Weiche Gummi- näpfe und Paste aus Schlämmkreide, gemischt mit Gly- cerin bzw. mit Paraffinol
24. Tracksdorf, H. (36)	Finierer, Polie- rer	Bürsten
25. Walkhoff, O., Hess, W. (37)	Stahlfinierer, Steinchen, Gummischeibe	Feinste Scheiben und Schlämmkreide

Verfasser	Politur	Hochglanz
26. Wannemacher, E. (38)	Karborundsteine, Papierscheiben, Schlagpolierer, Gummipolierer	Filzscheiben und Schlämmkreide

II UNTERSUCHUNGSMETHODEN

A Möglichkeiten zur Messung

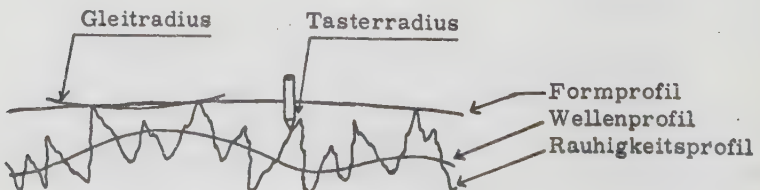
Um über die natürliche oder künstlich geschaffene Oberfläche eines Metalls genaue Auskunft zu bekommen, gibt es drei Möglichkeiten (nach Bauer, 2):

1. Die Betrachtung der Metalloberfläche im Auflicht oder im Dunkelfeld. Die hierbei auftretenden Reflexe vermögen das Ergebnis zu verfälschen.
2. Die formgetreue Aufzeichnung der Oberfläche mit Hilfe eines Abtast- und Registriergerätes, das gleichzeitig die Rauheitsmaße anzeigt.
3. Die mikroskopische Betrachtung eines Oberflächenreliefbildes, das mittels einer klaren lichtbrechenden Abdrucksubstanz gewonnen wird.

Da die erste Möglichkeit mit zu großen Fehlerquellen belastet ist, beschränken wir uns bei den vorgenommenen Untersuchungen auf die beiden letzteren Methoden.

B Die Definition der Oberflächenrauigkeit

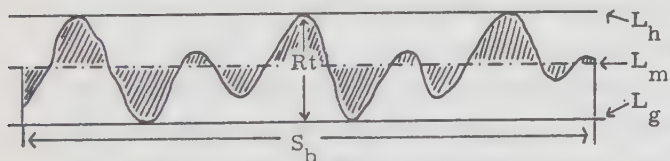
Das Oberflächenprofil besteht nach de Vries geometrisch aus drei separaten Profilen: dem Formprofil, dem Wellenprofil und dem Rauigkeitsprofil.



Für die Oberflächenuntersuchung kommt vor allem das Rauigkeitsprofil in Betracht. Wenn das Wellenprofil als Makrogestalt der Oberflächenprofilkurve anzusehen ist, dann stellt das Rauigkeitsprofil die Mikrogestalt dieser Kurve dar. Das Profilbild der zu vermessenden Oberfläche kommt dadurch zustande, daß eine Saphirnadel mit einem gegebenen Spitzenradius dem Oberflächenprofil folgt und es formgetreu in dem gewählten Vergrößerungsmaßstab aufzeichnet.

Die Rauhtiefe ist die Entfernung zwischen der Hülllinie L_h und der Grundlinie L_g . Mathematisch ausgedrückt:

$$R_t = y_{\max}$$



Die mittlere Rauhtiefe ist durch den Abstand der Mittellinie L_m von der Grundlinie L_g definiert:

$$R_m = \frac{\sum y}{n} = \frac{1}{S_b} \int_0^{S_b} y \, dx$$

Die mittlere Linie L_m ist so durch das Profil gelegt, daß innerhalb der Bezugsstrecke S_b die schraffierte Fläche über ihr gleich der unter ihr liegenden schraffierten Fläche ist und zugleich ein Minimum darstellt. Die mittlere Linie L_m ist somit identisch mit dem rektifizierten Wellenprofil bzw. identisch mit dem Welleprofil, wenn man das Profil nur inner-

halb der Bezugsstrecke S_b betrachtet.

Die mittlere Rauhtiefe jedoch ist ungeeignet für unsere Untersuchungen, weil es sich dabei nicht um periodische Schwingungen handelt. Zur Auswertung der Rauhtiefe werden die jeweiligen Maximalwerte verwendet. Sie werden dadurch bestimmt, daß man eine Parallele am Fußpunkt und eine zweite Parallele am höchsten Ausschlagspunkt der höchsten registrierten Zacke zur Nulllinie zieht. Der Abstand beider Parallelen voneinander entspricht dann der maximalen Rauhtiefe, die in μ angegeben wird.

C Arbeitsweise des Profilographen

Bei dem uns für diese Methode zur Verfügung stehenden Gerät handelt es sich um den Profilographen Typ 5815 nach Dr. Förstner-Reutlingen. Das Profil der zu vermessenden Oberfläche wird mit einem Meßsystem abgetastet, das sich im vorderen beweglichen Teil des Meßtasters befindet. Dieser Teil liegt mit zwei Auflagepunkten auf der Oberfläche des Prüfkörpers auf. Der erste Auflagepunkt befindet sich unmittelbar hinter der Abtastnadel, der andere in einem Abstand von weiteren 6 mm. Diese beiden Auflagepunkte besitzen einen sehr großen Abrundungsradius. Mit Hilfe dieses "Gleitschuhs" gleitet der Meßtaster über alle höchsten Spitzen der Oberflächenmikrostruktur, während die Abtastnadel sich von dieser Einhüllenden aus in alle Rillen und Riefen des Oberflächenprofils hineinbewegt. Als Bezugslinie für die Aufzeichnung dient also die Oberfläche des Werkstücks selbst; das heißt, daß eigentlich die Relativbewegung zwischen Taster-

nadel und Gleitschuh aufgezeichnet wird. Voraussetzung hierfür ist, daß der Gleitschuh über die ganze Meßstrecke dem Prüfkörper aufliegt. Winkelabweichungen bis zu 6 Grad können dabei ausgeglichen werden, ohne daß die Oberflächenabbildung verfälscht wird. Abgetastet wird das zu vermessende Oberflächenprofil mit einer Saphirnadel, wobei gleichzeitig die Nadelbewegung in einem elektromagnetischen System in elektrische Impulse verwandelt wird, die der Tastnadelbewegung proportional sind. Diese hierbei entstehenden elektrischen Spannungen werden verstärkt und einem Aufzeichnungssystem zugeführt. Dieses besteht aus einer Schreibnadel, die das abgetastete Oberflächenprofil sofort und formgetreu in dem vorher gewählten Vergrößerungsmaßstab registriert. Für die Aufzeichnung selbst wird ein schwarzer Papierstreifen verwendet, der eine weiße, wachsartige Kunststoffschicht trägt. Sie ist mit einer Millimetereinteilung bedruckt. Die beheizte Schreibnadelspitze schmilzt während des Registrierens den oberflächlichen Kunststoffbelag weg. Bei diesem Abschmelzprozeß wird der eigentliche schwarze Untergrund des Millimeterpapiers (aber nur auf der von der Schreibnadel geführten Kurve) sichtbar. Deshalb muß das Millimeterpapier vor übermäßiger Wärme geschützt werden.

Bei einer Schreibbreite von 30 mm lassen sich folgende Meßbereiche einstellen:

Meßbereich (in μ)	Vertikal- vergrößerung	10 mm Schreibbreite entspre- chen einer Rauhtiefe Rt von: (in μ)
0 - 100	300 fach	33,3
0 - 30	1000 fach	10,0
0 - 10	3000 fach	3,3
0 - 3	10000 fach	1,0
0 - 1	30000 fach	0,33
0 - 0,3	100000 fach	0,10

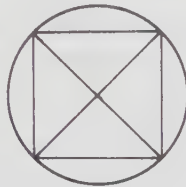
Die Horizontalvergrößerung ist von der Papiergeschwindigkeit abhängig. Der Papiervorschub von 10 mm/sec, der einer 20-fachen Horizontalvergrößerung entspricht, war für unsere Versuche am geeignetsten.

Das Meßsystem befindet sich im beweglich gelagerten Teil des Tasters. Die Tastnadel selbst hat einen Spitzenwinkel von 60° , einen Spitzenradius von 10 μ . Der Nadeldruck selbst ist kleiner als 0,1 g, so daß auf der Oberfläche nach dem Abtasten keine sichtbaren Spuren der Tastnadel zurückbleiben. Die Nadel wird durch einen hydraulischen Vorschub mit konstanter Geschwindigkeit über die Prüffläche hinwegbewegt.

Taster samt Vorschub und Meßobjekt werden in ein Meßstativ eingespannt. Um eine Parallelität zwischen Taster und Objekt zu erzielen, wurde das Meßobjekt vor jeder Messung mit einer Wasserwaage justiert. Außerdem mußte noch darauf geachtet werden, daß die Nadel frei auf der Oberfläche gleitet. Da die Saphiernadel beweglich gelagert ist, kann eine Messung an derselben Stelle nicht wiederholt werden. Um einen möglichst guten Überblick über die gesamte Füllungs Oberfläche zu

bekommen, wurden an jedem Prüfkörper 6 Messungen in bestimmter Reihenfolge durchgeführt, und daraus wurde dann der Mittelwert bestimmt.

Die Meßstrecke betrug jeweils 3 mm. Der Versuchskörper hatte einen Durchmesser von 4 mm. Eine Skizze verdeutlicht die Lage der Meßstrecken:



D Replikareliiefmethode

Die soeben beschriebene Methode ist für extraorale Versuche ausgezeichnet. Für Patientenversuche läßt sie sich jedoch nicht verwenden, weil die Eigenbewegungen des Patienten und die Zahnbeweglichkeit nicht ausgeschaltet werden können und außerdem eine genaue Führung der Tastnadel enoral nicht möglich ist. Deshalb wurde noch eine Methode zu Hilfe genommen, die sich sowohl an den Phantomfüllungen als auch an den Füllungen im Munde von Patienten anwenden ließ. Hierfür verwendeten wir die Replikareliiefmethode zur Untersuchung des Oberflächenreliefs im auffallenden Licht. Dabei bedient man sich einer klaren, flüssigen und stark lichtbrechenden Substanz, die nach ihrem Erstarren ein genaues Oberflächenrelief bei der Betrachtung im Mikroskop vermittelt.

J. Wolf (40) stellte 1939 die ersten Abdrücke von Zahnober-

flächen her, die unter dem Lichtmikroskop betrachtet werden konnten. Als Material verwandte er eine Zelloidin-Kampher-Lösung, die er mit einem Glasstab auf das Objekt aufbrachte. Das getrocknete Zelloidinhäutchen hob er mit einem mit einer klebenden Harzschicht bestrichenen Zellophanstreifen ab und brachte so den Abdruck auf den Objektträger.

Diese Methode wurde von Scott und Wyckoff (nach Pantke, 30) 1946 weiterentwickelt, indem sie eine 4%ige Kollodiumlösung benutzten, die mit gleichen Teilen Amylacetat und Äther auf 2 % verdünnt wurde. Es handelt sich hierbei um die Shadowed Colloidin Replica Methode, mit der sogar elektronenmikroskopische Oberflächenuntersuchungen möglich sind.

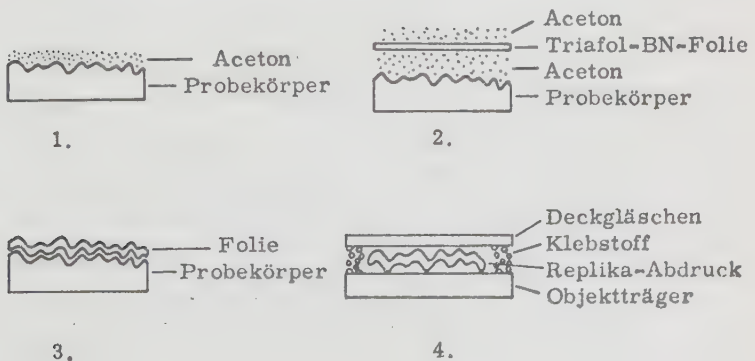
H. Heuser löste Plexiglas in Chloroform auf und trug diese Masse mit einem Wattebausch auf die zu untersuchende Fläche auf. Einige Nachteile besaßen jedoch alle diese Verfahren. Sie bestanden

1. in dem Zeitaufwand, der bis zum Trocknen des Abdrucks nötig ist. Die Kollodiumflüssigkeit benötigt bei Zimmertemperatur zum Trocknen eine halbe Stunde. Diese Methode ist also bei Patientenversuchen ungeeignet, da während der ganzen Zeit wenigstens eine relative Trockenheit herrschen muß;
2. in der Forderung, eine gleichmäßig dünne Lage der Abdrucklösung aufzubringen, um später eine möglichst einwandfreie Durchlichtmikroskopie erzielen zu können;
3. im Ablösen des Abdrucks, ohne daß dieser dabei verletzt wird und sich verzieht.

Diese Nachteile lassen sich heute bei Anwendung der Triafol-BN-Folie der Bayerwerke zum größten Teil vermeiden. Es handelt sich dabei um eine acet unlösliche, weichmacherfreie Folie aus hochverestertem Celluloseacetobutyrat von 0,03 mm Dicke. Das angewandte Abdruckverfahren entspricht im Prinzip der Wolf'schen Methode:

Bei der Abdrucknahme am Patienten wird das zu untersuchende enoral liegende Objekt relativ trocken gelegt. Mundatmer sind für diese Untersuchungsart ungeeignet, da die Feuchtigkeit der Atemluft genügt, die Folie weiß anlaufen und damit den Abdruck unbrauchbar werden zu lassen. Daraufhin wird die zu untersuchende Oberfläche entfettet. Auf die so vorbereitete Füllung werden nun je nach Größe mit einer Glaspipette ein bis zwei Tropfen reines Aceton gebracht, und unmittelbar darauf wird die ausgestanzte Triafol-Folie gelegt, die anschließend nochmals mit einem Tropfen Aceton überschichtet wird.

Schematische Darstellung der Replica-Technik
mit Hilfe der Triafol-BN-Folie:



Die Folie wird vom Aceton gelöst und legt sich dadurch der Oberfläche reliefgetreu an. Nach 2 bis 3 Minuten kann der inzwischen erhärtete Abdruck an einer Ecke mit einer spitzen Pinzette leicht angehoben und vom Objekt abgezogen werden. Der Abdruck muß sofort auf einen bereitliegenden Objektträger gebracht und mit einem Deckgläschen, das nur an den Rändern mit Klebstoff bestrichen ist, staubsicher verwahrt werden.

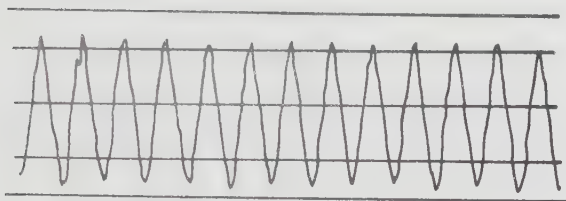
Diese Methode ermöglicht eine makro- und mikrodiagnostische Aussage über die enoral gelegene Oberfläche.

Von den drei Untersuchungsmöglichkeiten für Oberflächen im mikroskopischen Präparat, die uns zur Verfügung stehen,

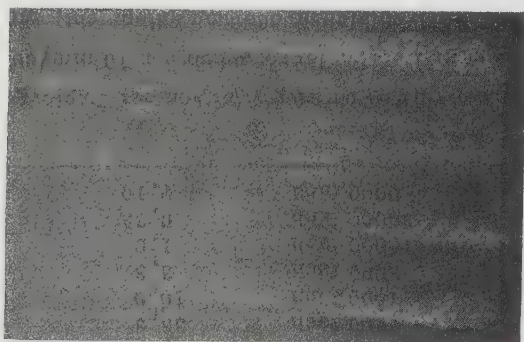
1. die Untersuchung mit auffallendem Licht im Hellfeld,
2. die Untersuchung im Dunkelfeld,
3. das Mikroskopieren mit durchfallendem Licht,

wird die erstere verwendet, die ein für die Beurteilung vollkommen ausreichendes Oberflächenrelief vermittelt.

Beispiele der zwei genannten Arbeitsweisen:



Testkörper vom Profilograph abgetastet



Replikafolienabdruck des gleichen Testkörpers

III EIGENE VERSUCHE

A Versuche in vitro

Um ein möglichst praxisnahes Vorgehen zu erreichen, erschien es uns sinnvoll, bei den Phantomversuchen auf genormte Amalgamproben zu verzichten, da es bei den oft unübersichtlichen Mundverhältnissen unmöglich ist, bei jeder Füllung das gleiche Kondensierungsmaß und dadurch dieselbe Oberflächenqualität zu erreichen. Die Amalgamproben, die für die nachfolgenden Untersuchungen Verwendung fanden, wurden folgendermaßen hergestellt:

Zunächst wurden in zwei Kunststoffblöckchen aus Resopal jeweils 20 Kavitäten mit einer Tiefe von 3 mm mittels eines Industriebohrers (Durchmesser 4 mm) eingelassen. Diese Kavitäten wurden mit 67%igem zinkfreien Silberamalgam, das im Dentomaten der Firma Degussa dosiert und 20 sec lang gemischt wurde, gefüllt. Die Stopftechnik blieb dabei immer dieselbe; In jeweils vier Etappen wurde das Füllungsmaterial eingebracht. Jede Portion wurde mit einem mittelgroßen Amalgamstopfer kondensiert. Der Füllungsüberschuß wurde mit dem Rücken einer Sonde - nicht aber mit dem weitverbreiteten üblichen nassen Wattebausch - beseitigt, um Wassereinschlüsse, die nach der Endbearbeitung als große Poren auftreten, zu vermeiden. 20 dieser Füllungen wurden nach 48 Stunden nach folgender Methode poliert:

1. Finieren der Oberfläche mit einem Finierer, Größe 6, trocken
2. Schlagpolierer, Größe 6, trocken
3. Kugelpolierer, Größe 6, trocken

4. Vorpolitur mit einem ständig unter feuchtem Bimsmehl arbeitenden Gumminapf
5. Hochglanzpolitur mit Fe_2O_3 und einem Ziegenhaarbürstchen

Bei der Politur der Phantomfüllungen wurde der bei der Behandlung im Munde übliche Druck angewendet, um eine Riefenbildung zu vermeiden. Die Politurdauer betrug jeweils 5 Minuten.

Die restlichen 20 Füllungen blieben unbearbeitet.

Von allen 40 Füllungen wurden nun Replikaabdrücke genommen. Anschließend wurden die Oberflächen in der oben beschriebenen Art mit Hilfe des Profilographen abgetastet. Danach wurden die Resopalblöckchen, jedes für sich, in eine Petrischale mit physiologischer Kochsalzlösung gelegt, um eine Berührungskorrosion zwischen den polierten und unpolierten Füllungen zu vermeiden. Die Petrischalen wurden in einem Brutschrank bei 37°C aufbewahrt. Nach drei Monaten wurden die Füllungen erneut mit dem Profilographen abgetastet und anschließend nochmals Replikaabdrücke angefertigt.

B Versuche in vivo

Für die zweite Untersuchungsreihe stellten sich 17 Patienten der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Universität in Mainz zur Verfügung. Zwei Patienten waren Mundatmer, weshalb bei ihnen die Replikaabdruckmethode keine Anwendung finden konnte. Diese beiden Fälle wurden deshalb bei der Auswertung der Ergebnisse nicht weiter berücksichtigt.

Das Alter der Probanden lag zwischen 17 und 67 Jahren. Es wurden solche Personen ausgesucht, die in beiden Unterkieferhälften je eine zentrale Amalgamfüllung benötigten. Außerdem wurde darauf geachtet, daß die Patienten keine Metallfüllungen aus anderen Materialien hatten. Um im Munde des Patienten jegliche zusätzliche Korrosionsquelle auszuschalten, war es von Versuchsbeginn an nötig, alle alten Amalgamfüllungen, die bereits beträchtliche Korrosionen aufwiesen, zu polieren.

Nach dem Präparieren einer Kavität und dem Legen einer Unterfüllung wurde das Amalgam in genau derselben Weise eingestopft wie bei den Phantomversuchen. Nach 48 Stunden wurden die Füllungen der einen Seite poliert. Von den Füllungsoberflächen wurden anschließend unter relativer Trockenheit (Watterollen, Speichelsauger) Replikaabdrücke genommen. Die Patienten wurden nach 3 Monaten zu einer Nachuntersuchung wiederbestellt. Dabei wurden erneut Abdrücke genommen und im Anschluß daran die noch unpolierten Füllungen poliert.

C Ergebnisse

In Tabelle I werden die Mittelwerte der maximalen Rauhtiefen und die Differenzen der Mittelwerte der maximalen Rauhtiefen der polierten Füllungen der In-vitro-Versuche in μ angegeben.

A = die Mittelwerte ($\bar{x}_1$) der maximalen Rauhtiefen zu Beginn der Untersuchungen

B = die Mittelwerte ($\bar{x}_2$) der maximalen Rauhtiefen drei Monate später

C = die Differenz: $\bar{x}_2 - \bar{x}_1$, das heißt die Rauhtiefenzunahme innerhalb von drei Monaten

TABELLE I Rauhtiefen der polierten Füllungen

 (In-vitro-Versuche)

Füllung Nr.	Mittelwerte A ($\bar{x}_1$)	B ($\bar{x}_2$)	Differenz der Mittelwerte C ($\bar{x}_2 - \bar{x}_1$)
1	0,78	1,38	0,60
2	2,25	4,20	1,95
3	2,40	5,10	2,70
4	2,22	5,88	3,66
5	2,34	3,18	0,84
6	1,98	3,60	1,62
7	2,88	4,32	1,44
8	2,40	3,84	1,44
9	2,40	2,70	0,30
10	2,28	3,84	1,56
11	2,13	2,76	0,63
12	1,92	3,00	1,08
13	2,22	2,22	0,00
14	2,28	3,84	1,56
15	2,04	3,54	1,50
16	3,48	5,52	2,04
17	2,88	3,30	0,42
18	2,04	2,88	0,84
19	2,82	2,82	0,00
20	1,98	3,42	1,44

In Tabelle II werden die Mittelwerte der maximalen Rauhtiefen und die Differenzen der Mittelwerte der maximalen Rauhtiefen der unpolierten Füllungen der In-vitro-Versuche in μ angegeben.

D = die Mittelwerte ($\bar{x}_3$) der maximalen Rauhtiefen zu Beginn der Untersuchungen

E = die Mittelwerte ($\bar{x}_4$) der maximalen Rauhtiefen drei Monate später

F = die Differenz: $\bar{x}_4 - \bar{x}_3$, das heißt die Rauhtiefenzunahme innerhalb von drei Monaten

TABELLE II Rauhtiefen der unpolierten Füllungen

 (In-vitro-Versuche)

Füllung Nr.	Mittelwerte		Differenz der Mittelwerte F ($\bar{x}_4 - \bar{x}_3$)
	D ($\bar{x}_3$)	E ($\bar{x}_4$)	
1	5,52	20,58	15,06
2	5,40	10,22	5,82
3	6,30	10,50	4,20
4	9,60	18,30	8,70
5	7,26	16,80	9,54
6	5,49	13,56	8,07
7	6,00	15,90	9,90
8	4,35	13,80	9,45
9	4,46	14,37	9,91
10	7,32	19,90	12,58
11	6,57	14,06	7,49
12	4,92	13,02	8,10
13	5,76	15,54	9,78
14	6,18	19,78	13,60
15	4,68	16,38	11,70
16	4,68	13,08	8,40
17	6,00	14,58	8,58
18	6,48	18,42	11,94
19	8,52	17,64	9,12
20	6,42	16,86	10,44

Zeichenerklärung für Tabelle III - VI:

- o = Die mikroskopischen Präparate der gleichen Füllung lassen keine unterschiedliche Oberflächenstruktur erkennen.
- + = Die mikroskopischen Präparate der gleichen Füllung lassen geringe Unterschiede in der Oberflächenstruktur erkennen.
- ++ = Die mikroskopischen Präparate der gleichen Füllung lassen größere Unterschiede in der Oberflächenstruktur erkennen.
- +++ = Die mikroskopischen Präparate lassen eine weitgehende Abweichung der Oberflächenstruktur erkennen.

TABELLE III Vergleich der Replikaabdrücke polierter Füllungen (In-vitro-Versuche) vor und nach dreimonatigem Brutschrankaufenthalt

Füllung Nr.	Vergleichendes Urteil verschiedener Betrachter über den Korrosionsgrad			Summe
	1	2	3	
1	o	o	o	o
2	o	+	o	1
3	o	o	o	o
4	+	+	+	3
5	o	o	o	o
6	o	o	o	o
7	o	o	o	o
8	o	o	o	o
9	o	o	o	o
10	o	o	o	o
11	o	o	o	o
12	+	o	+	2
13	o	o	o	o
14	o	+	o	1
15	o	o	o	o
16	+	+	+	3
17	o	o	o	o
18	o	o	o	o
19	o	o	o	o
20	+	o	+	2

TABELLE IV Vergleich der Replikaabdrücke unpolierter Füllungen (In-vitro-Versuche) vor und nach dreimonatigem Brutschrankaufenthalt

Füllung Nr.	Vergleichendes Urteil verschiedener Betrachter über den Korrosionsgrad			Summe
	1	2	3	
1	+++	+++	+++	9
2	++	++	++	6
3	++	++	++	6
4	+++	++	+++	8
5	++	+++	+++	8
6	+++	+++	+++	9
7	++	++	++	6
8	+++	+++	++	8
9	++	++	+++	7
10	+++	+++	+++	9
11	+++	++	+++	8
12	++	++	++	6
13	++	+++	++	7
14	+++	+++	+++	9
15	+++	+++	+++	9
16	++	++	++	6
17	+++	++	++	7
18	+++	+++	+++	9
19	++	++	++	6
20	+++	+++	+++	9

TABELLE V Vergleich der Replikaabdrücke polierter Füllungen (In-vivo-Versuche) gleich nach der Behandlung und drei Monate später

Füllung Nr.	Vergleichendes Urteil verschiedener Betrachter über den Korrosionsgrad			Summe
	1	2	3	
1	o	o	o	o
2	o	o	o	o
3	o	o	o	o
4	o	o	o	o
5	o	o	o	o
6	o	o	o	o
7	o	o	o	o
8	+	+	+	3
9	o	o	o	o
10	o	o	o	o
11	o	o	o	o
12	o	o	o	o
13	o	o	o	o
14	+	o	+	2
15	o	o	o	o

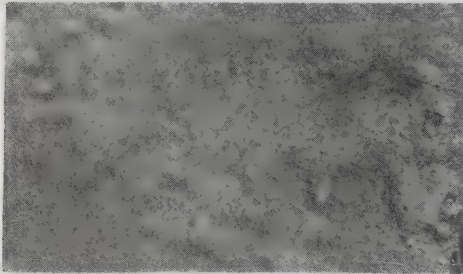
TABELLE VI Vergleich der Replikaabdrücke unpolierter Füllungen (In-vivo-Versuche) gleich nach der Behandlung und drei Monate später

Füllung Nr.	Vergleichendes Urteil verschiedener Betrachter über den Korrosionsgrad			Summe
	1	2	3	
1	++	+++	++	7
2	++	+++	++	7
3	++	+++	+++	8
4	+++	+++	++	8
5	o	o	o	o
6	++	++	++	6
7	++	++	++	6
8	+	+	++	4
9	++	++	++	6
10	++	+	++	5
11	++	+++	+	6
12	++	++	++	6
13	+++	++	++	7
14	++	++	++	6
15	++	+++	++	7

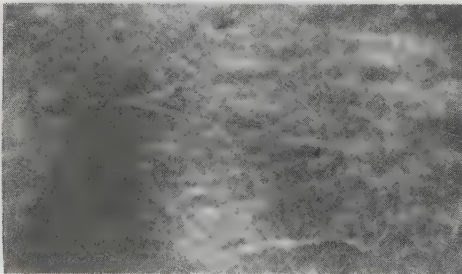
Unpolierte Füllungen



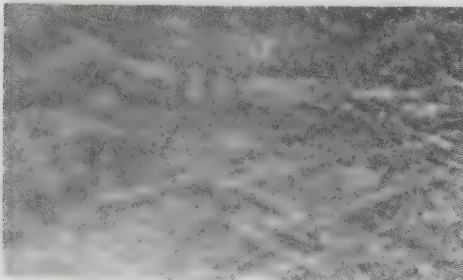
Phantomfüllung gleich
nach ihrer Fertigstellung



Phantomfüllung nach
3 Monaten Brutschrank-
aufenthalt

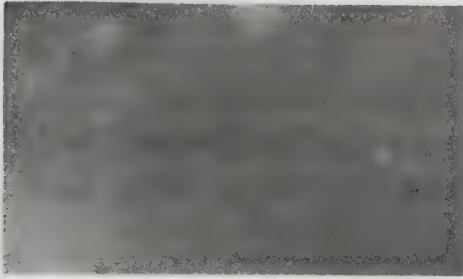


Füllung im Munde eines
Patienten gleich nach ih-
rer Fertigstellung

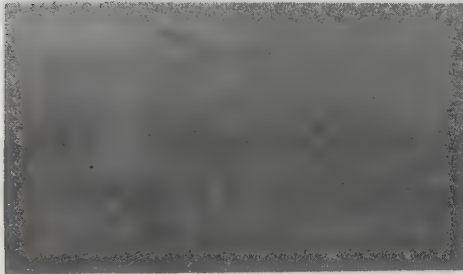


Füllung im Munde eines
Patienten nach 3 Monaten
Liegezeit

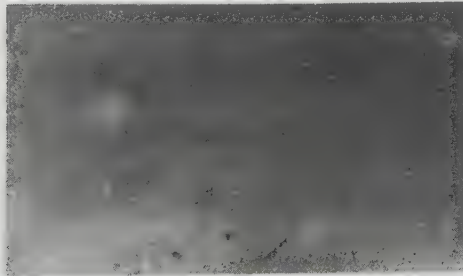
Polierte Füllungen



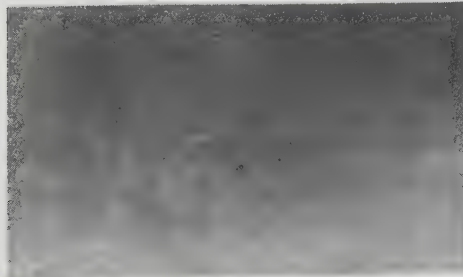
Phantomfüllung gleich
nach ihrer Fertigstellung



Phantomfüllung nach
3 Monaten Brutschrank-
aufenthalt

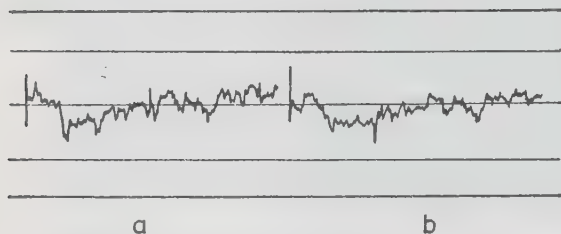


Füllung im Munde eines
Patienten gleich nach ih-
rer Fertigstellung



Füllung im Munde eines
Patienten nach 3 Monaten
Liegezeit

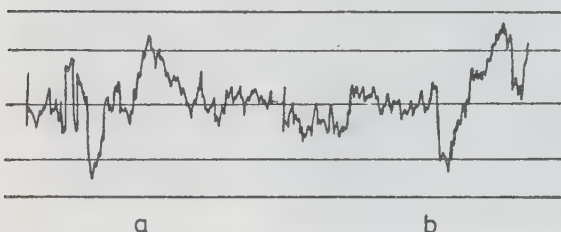
Profilogramme



Unpolierte Phantomfüllung
gleich nach ihrer Fertig-
stellung

Rt = $a=8,52$

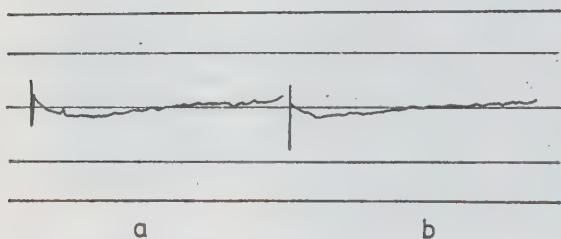
$b=8,45$



Unpolierte Phantomfüllung
nach 3 Monaten Brutschrank-
aufenthalt

Rt = $a=16,20$

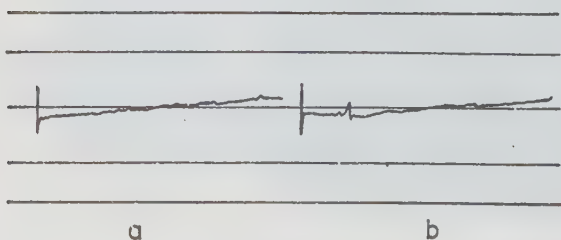
$b=19,24$



Polierte Phantomfüllung
gleich nach ihrer Fertig-
stellung

Rt = $a=2,28$

$b=2,04$



Polierte Phantomfüllung
nach 3 Monaten Brutschrank-
aufenthalt

Rt = $a=2,3$

$b=2,1$

IV STATISTISCHE AUSWERTUNG

A Häufigkeitsverteilung

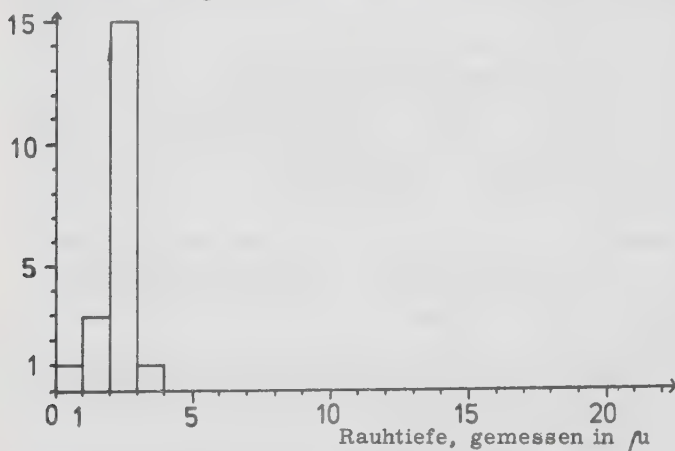
Die in Tabelle I - VI aufgeführten Werte können nur als Stichproben aufgefaßt werden; sie sollen uns einen Aufschluß über die Grundgesamtheit geben, aus der sie entstammen. Die Beziehung, die zwischen Grundgesamtheit und Stichprobe besteht, aufzufinden, ist eine der Hauptaufgaben der Statistik. Um ein einprägsames Bild der Werte dieser Stichproben zu bekommen, werden unten Schaubilder über die Häufigkeitsverteilung der registrierten Werte aufgeführt.

Die Besonderheit der Häufigkeitsverteilung zeigt sich bei beiden Versuchsreihen am besten, wenn man Werte mit jeweils 1,0 μ Differenz zusammenfaßt:

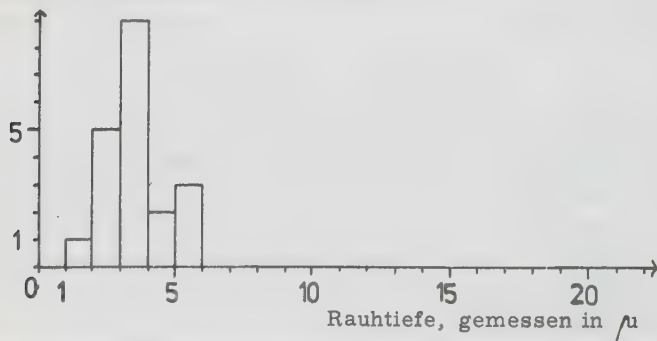
Rauhtiefe (gemessen in μ)	Häufigkeiten der oben angeführten Gruppen					
	A	B	C	D	E	F
0,00 - 1,0	1	0	8	0	0	0
1,00 - 2,0	3	1	9	0	0	0
2,0 - 3,0	15	5	2	0	0	0
3,0 - 4,0	1	9	1	0	0	0
4,0 - 5,0	0	2	0	5	0	1
5,0 - 6,0	0	3	0	4	0	1
6,0 - 7,0	0	0	0	7	0	0
7,0 - 8,0	0	0	0	2	0	1
8,0 - 9,0	0	0	0	1	0	5
9,0 - 10,0	0	0	0	1	0	6
10,0 - 11,0	0	0	0	0	2	1
11,0 - 12,0	0	0	0	0	0	2
12,0 - 13,0	0	0	0	0	0	1
13,0 - 14,0	0	0	0	0	4	1
14,0 - 15,0	0	0	0	0	3	0
15,0 - 16,0	0	0	0	0	2	1
16,0 - 17,0	0	0	0	0	3	0
17,0 - 18,0	0	0	0	0	1	0
18,0 - 19,0	0	0	0	0	2	0
19,0 - 20,0	0	0	0	0	2	0
20,0 - 21,0	0	0	0	0	1	0

Graphische Darstellung der Rauhtiefen der einzelnen Gruppen A-F:

GRUPPE A: Die polierten Füllungen zu Beginn der Untersuchungen:
Anzahl der Füllungen

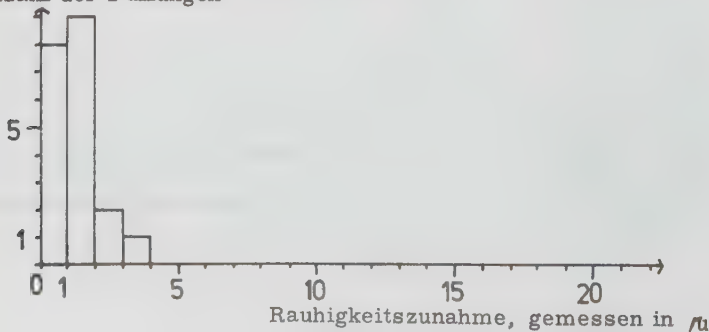


GRUPPE B: Die polierten Füllungen nach drei Monaten:
Anzahl der Füllungen



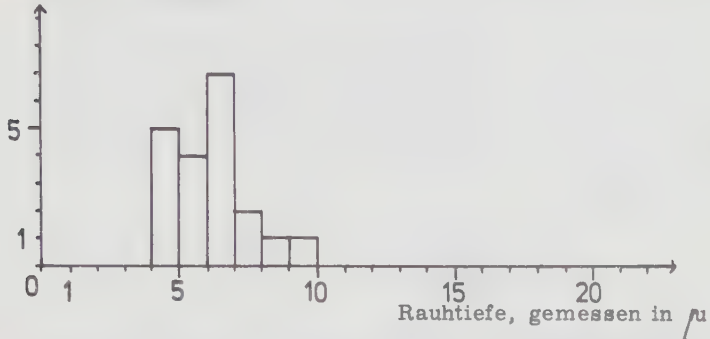
GRUPPE C: Die Rauhtiefenzunahme der polierten Füllungen
innerhalb von drei Monaten:

Anzahl der Füllungen



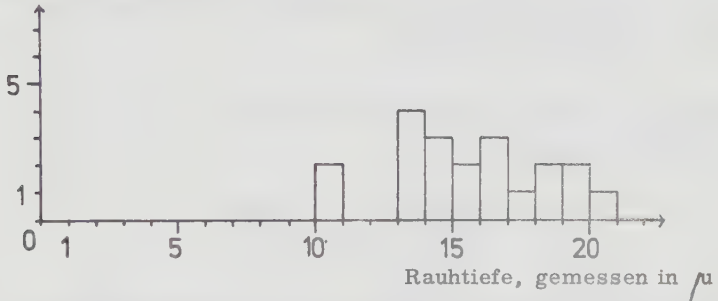
GRUPPE D: Die unpolierten Füllungen zu Untersuchungsbeginn:

Anzahl der Füllungen



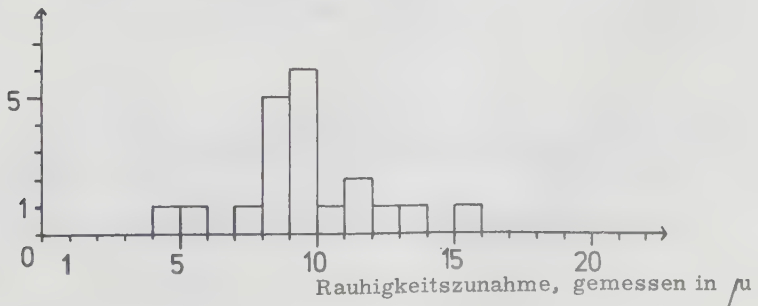
GRUPPE E: Die unpolierten Füllungen nach drei Monaten:

Anzahl der Füllungen



GRUPPE F: Die Rauhtiefenzunahme der unpolierten Füllungen innerhalb von drei Monaten:

Anzahl der Füllungen



B. Die Streuung

Will man auf Grund der Abweichungen der Einzelwerte x_i vom Durchschnitt $\bar{x}$ ein Streuungsmaß berechnen, so kann man nicht einfach die Summe der $x_i - \bar{x}$ nehmen, sondern muß die absoluten Beträge der Abweichungen der Einzelwerte vom Durchschnitt $\bar{x}$ summieren. Dadurch erhält man die durchschnittliche Abweichung:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})$$

Man gibt aber einem anderen Streuungsmaß, das auf den Quadraten der Abweichungen ($x_i - \bar{x}$) beruht, den Vorzug. Es handelt sich dabei um die sogenannte Standardabweichung oder die mittlere quadratische Abweichung.

Das Quadrat der Standardabweichung nennt man die Streuung. Die Definition lautet:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Die Streuung s^2 ist demnach der Durchschnitt aus den Quadraten der Abweichungen ($x_i - \bar{x}$) der Einzelwerte vom Durchschnitt. Dabei wird durch die Zahl der voneinander unabhängigen Abweichungen dividiert. Diese Zahl ($n - 1$) nennt man Freiheitsgrad.

Setzt man für die Summe der Quadrate der Abweichungen s_{xx} als Symbol ein, so erhält man folgende Formel für die Streuung:

$$s^2 = \frac{s_{xx}}{n-1}$$

TABELLE VII Die Streuung der Rauhtiefenzunahme der polierten Füllungen

Füllung Nr.	x_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	0,60	- 0,68	0,46
2	1,95	+ 0,67	0,44
3	2,70	+ 1,42	2,01
4	3,66	+ 2,38	5,66
5	0,84	- 0,44	0,19
6	1,62	+ 0,34	0,11
7	1,44	+ 0,16	0,02
8	1,44	+ 0,16	0,02
9	0,30	- 0,98	0,96
10	1,56	+ 0,28	0,07
11	0,63	- 0,65	0,42
12	1,08	- 0,20	0,04
13	0,00	- 1,28	1,63
14	1,56	+ 0,28	0,07
15	1,50	+ 0,22	0,04
16	2,04	+ 1,24	1,53
17	0,42	- 0,86	0,73
18	0,84	- 0,44	0,19
19	0,00	- 1,28	1,63
20	1,44	+ 0,16	0,02
Summe	25,62		16,24

$$\bar{x} = 1,28 \quad s_{xx} = 16,24 \quad s^2 = 0,85$$

Die Varianz der Rauhtiefenzunahme der polierten Füllungen beträgt:

$$s^2 = 0,85$$

Die Standardabweichung: $s = 0,9001$

TABELLE VIII Die Streuung der Rauhtiefenzunahme der unpolierten Füllungen

Füllung Nr.	x_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	15,06	+ 5,45	29,70
2	5,82	- 3,79	14,36
3	4,20	- 5,41	29,27
4	8,70	- 0,91	0,82
5	9,54	- 0,07	0,04
6	8,07	- 1,54	2,37
7	9,90	+ 0,29	0,08
8	9,45	- 0,16	0,02
9	9,91	+ 0,30	0,09
10	12,58	+ 2,97	8,82
11	7,49	- 2,12	4,49
12	8,10	- 1,51	2,28
13	9,78	+ 0,17	0,02
14	13,60	+ 3,99	15,92
15	11,70	+ 2,09	4,36
16	8,40	- 1,21	1,46
17	8,58	- 1,03	1,06
18	11,94	+ 2,33	5,42
19	9,12	- 0,49	0,24
20	10,44	+ 0,83	0,68
Summe	192,38		121,46

$$\bar{x} = 9,6190$$

$$s_{xx} = 121,46$$

$$s^2 = 6,3965$$

Die Varianz der Rauhtiefenzunahme der unpolierten Füllungen beträgt:

$$s^2 = 6,396$$

Die Standardabweichung: $s = 2,529$

C Korrelations- und Regressionsrechnung

Würde es sich bei den vorliegenden Versuchsergebnissen nur um eine einzige Veränderliche handeln, so würde der Durchschnitt und die Streuung in den meisten Fällen genügen, um eine statistische Gesamtheit zu kennzeichnen. Da es sich bei unseren Versuchsergebnissen aber um zwei Veränderliche handelt, zeigt am besten die Regressionsgleichung, wie sich die Zunahme der einen Veränderlichen auf die andere Veränderliche auswirkt. Einen ersten Überblick bekommt man, wenn man die Einzelmeßergebnisse als einzelne Punkte in ein Koordinatensystem einzeichnet. Da diese Einzelergebnisse einer Streuung unterworfen sind, wie anfangs gezeigt wurde, sucht man eine Linie, die den allgemeinen Verlauf des Punktschwarmes wiedergibt. Hierfür verwendet man die Regressionsgerade. Die Gleichung der Regressionsgeraden lautet:

$$y_R = a + b_x x$$

wobei $b = \frac{s_{xy}}{s_{xx}}$ der Regressionskoeffizient

und $a = \bar{y} - b\bar{x}$ die Regressionskonstante sind.

Die Regressionsgerade ermöglicht es also, zu jedem in Frage kommenden x-Wert den dazugehörigen durchschnittlichen y-Wert zu bestimmen.

Um die vorne gefundenen Merkmalspaare rechnerisch auszuwerten, gibt man mit Hilfe der Korrelationsstatistik eine Maßzahl für die Straffheit eines Zusammenhanges an. Dazu verwendet man den sogenannten Korrelationskoeffizienten r. Er ergibt sich aus folgender Formel:

$$r = \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_{xx} \cdot s_{yy}}}$$

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \cdot (x_i - \bar{x}) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

$$s_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}$$

s_{xx} ist analog s_{yy} .

Ist der absolute Wert $r = +1$, so liegt eine vollständige lineare Abhängigkeit vor, und y nimmt mit wachsendem x zu.

Ist dagegen $r = 0$, so ist kein linearer Zusammenhang mehr erkennbar.

TABELLE IX Für die polierten Füllungen

Lfd. Nr.	Wert x Rt Anfang (μ)	Wert y Rt Ende (μ)
1	0,78	1,38
2	2,25	4,20
3	2,40	5,10
4	2,22	5,88
5	2,34	3,18
6	1,98	3,60
7	2,88	4,32
8	2,40	3,84
9	2,40	2,70
10	2,28	3,84
11	2,13	2,76
12	1,92	3,00
13	2,22	2,22
14	2,28	3,84
15	2,04	3,54
16	3,48	5,52
17	2,88	3,30
18	2,04	2,88
19	2,82	2,82
20	1,98	3,42

$$\sum x = 45,7200$$

$$\sum y = 71,3400$$

$$\bar{x} = 2,2860$$

$$\bar{y} = 3,5670$$

$$s_{xx} = 5,2031$$

$$s_{yy} = 22,3018$$

$$s_{xy} = 6,0556$$

$$b = 1,1638$$

$$b' = 0,2700$$

$$a = 0,9066$$

$$a' = 1,3210$$

$$y_R = 0,9066 + 1,1638 \cdot x$$

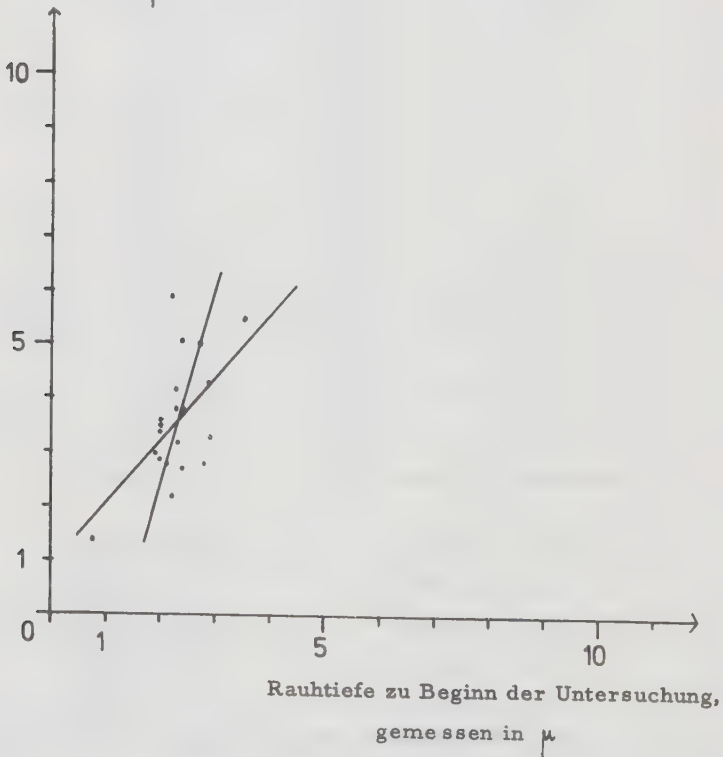
$$x_R = 1,3210 + 0,2700 \cdot y$$

$$r = 0,5621$$

Graphische Darstellung der Tabelle IX:

Für die polierten Füllungen zu Beginn und nach dreimonatiger Beobachtung

Rauhtiefe nach
3 Monaten (μ)



Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Rauhtiefe zu Beginn und am Ende des Beobachtungszeitraumes. Das heißt, der Grad der Politur übt einen Einfluß auf die spätere Rauhtiefe aus. Mit anderen Worten, eine schlecht polierte Füllung hat auch später eine größere Rauhtiefe.

TABELLE X Für die unpolierten Füllungen

Lfd. Nr.	Wert x Rt Anfang (μ)	Wert y Rt Ende (μ)
1	5,52	20,58
2	5,40	10,22
3	6,30	10,50
4	9,60	18,30
5	7,26	16,80
6	5,49	13,56
7	6,00	15,90
8	4,35	13,80
9	4,46	14,37
10	7,32	19,90
11	6,57	14,06
12	4,92	13,02
13	5,76	15,54
14	6,18	19,78
15	4,68	16,38
16	4,68	13,08
17	6,00	14,58
18	6,48	18,42
19	8,52	17,64
20	6,42	16,86

$$\Sigma x = 121,9100$$

$$\Sigma y = 313,2900$$

$$\bar{x} = 6,0955$$

$$\bar{y} = 15,6645$$

$$s_{xx} = 33,9655$$

$$s_{yy} = 164,1009 \quad s_{xy} = 33,9928$$

$$b = 1,0008$$

$$b' = 0,2070$$

$$a = 9,5500$$

$$a' = 2,9627$$

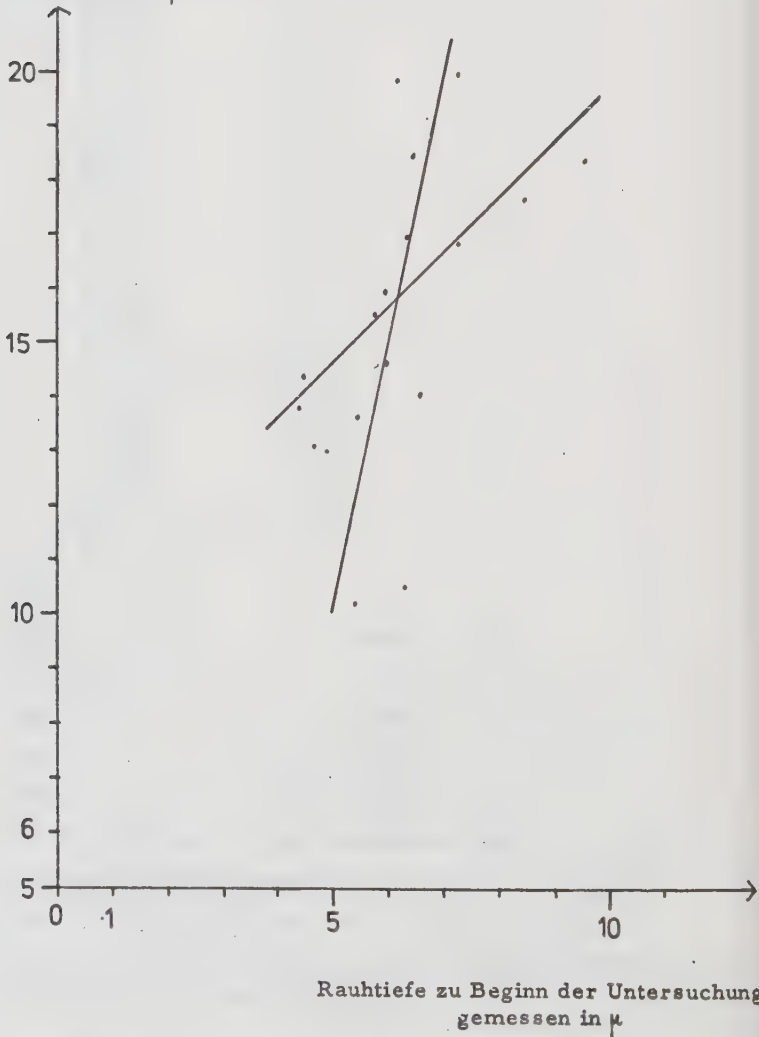
$$y_R = 9,5500 + 1,0008 \cdot x \quad x_R = 2,9627 + 0,2070 \cdot y$$

$$r = 0,4553$$

Graphische Darstellung der Tabelle X:

Für die unpolierten Füllungen zu Beginn und nach dreimonatiger Beobachtung

Rauhtiefe nach
3 Monaten (μ)



Der Kurvenverlauf zeigt, daß die Zunahme der Rauhtiefe innerhalb von 3 Monaten streng proportional der Anfangsrauhtigkeit

TABELLE XI Für die Differenzen Anfang und Ende zwischen
den polierten und unpolierten Füllungen

Lfd. Nr.	Wert dx Rt Anfang (μ)	Wert dy Rt Ende (μ)
1	+ 4,84	+ 19,20
2	+ 2,15	+ 6,02
3	+ 2,10	+ 5,40
4	+ 7,38	+ 12,42
5	+ 4,92	+ 13,62
6	+ 3,51	+ 9,96
7	+ 3,12	+ 11,58
8	+ 2,15	+ 9,96
9	+ 2,06	+ 11,67
10	+ 5,04	+ 16,06
11	+ 4,44	+ 11,30
12	+ 3,00	+ 10,02
13	+ 3,54	+ 13,32
14	+ 3,90	+ 15,94
15	+ 2,64	+ 12,84
16	+ 1,20	+ 7,56
17	+ 3,12	+ 11,28
18	+ 4,44	+ 15,54
19	+ 5,70	+ 14,82
20	+ 4,44	+ 13,44

$$\Sigma x = 73,6900$$

$$\bar{x} = 3,6845$$

$$s_{xx} = 42,4567$$

$$b = 1,4782$$

$$a = 6,6821$$

$$y_R = 6,6821 + 1,4782 \cdot x$$

$$r = 0,6219$$

$$\Sigma y = 241,9500$$

$$\bar{y} = 12,0975$$

$$s_{yy} = 224,0348 \quad s_{xy} = 62,7612$$

$$b' = 0,2821$$

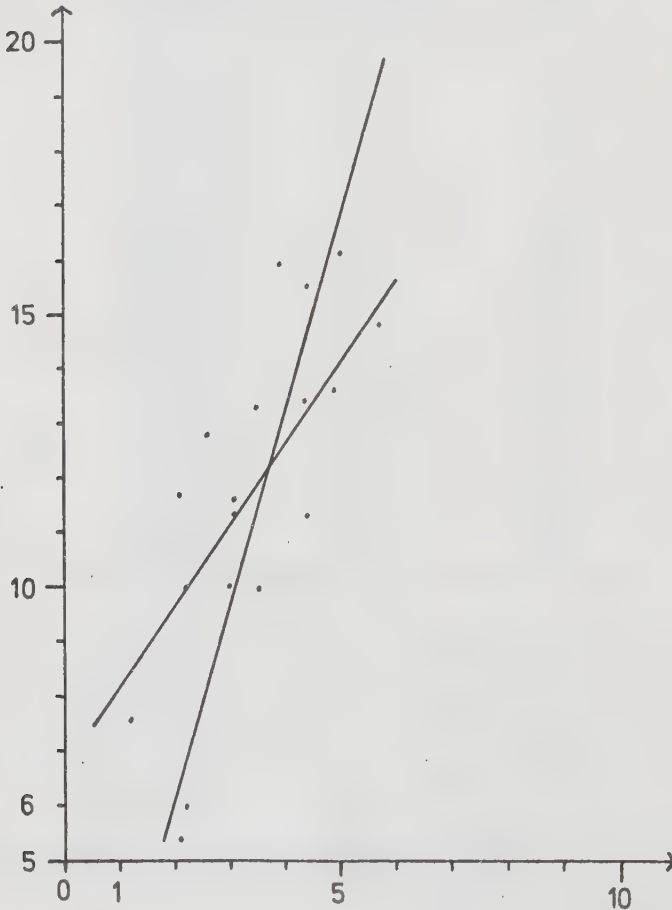
$$a' = 0,3000$$

$$x_R = 0,3000 + 0,2821 \cdot y$$

Graphische Darstellung der Tabelle XI:

Für die Differenzen Anfang und Ende zwischen den polierten und unpolierten Füllungen

Differenzen zwischen polierten und unpolierten Füllungen am Ende (μ)



Differenzen zwischen polierten und unpolierten Füllungen zu Versuchsbeginn (in μ)

Die Zunahme der Rauigkeitsunterschiede zwischen den unpolierten und den polierten Füllungen im Beobachtungszeitraum ist gesichert.

TABELLE XII Für die Korrosionszunahme der polierten
und der unpolierten Füllungen im Zeitraum
 Δt ($\Delta t = 3$ Monate)

Lfd. Nr.	Wert dx	Wert dy
1	+ 0,60	+ 15,06
2	+ 1,95	+ 5,82
3	+ 2,70	+ 4,20
4	+ 3,66	+ 8,70
5	+ 0,84	+ 9,54
6	+ 1,62	+ 8,07
7	+ 1,44	+ 9,90
8	+ 1,44	+ 9,45
9	+ 0,30	+ 9,91
10	+ 1,56	+ 12,58
11	+ 0,63	+ 7,49
12	+ 1,08	+ 8,10
13	+ 0,00	+ 9,78
14	+ 1,56	+ 13,60
15	+ 1,50	+ 11,70
16	+ 2,04	+ 8,40
17	+ 0,42	+ 8,58
18	+ 0,84	+ 11,94
19	+ 0,00	+ 9,12
20	+ 1,44	+ 10,44

$$\Sigma x = 25,6200$$

$$\bar{x} = 1,2810$$

$$s_{xx} = 15,3938$$

$$b = -0,8640$$

$$a = 10,7257$$

$$y_R = 10,7257 - 0,8640 \cdot x$$

$$r = -0,3078$$

$$\Sigma y = 192,3800$$

$$\bar{y} = 9,6190$$

$$s_{yy} = 121,5328 \quad s_{xy} = -13,2875$$

$$b^* = 0,1090$$

$$a^* = 2,3290$$

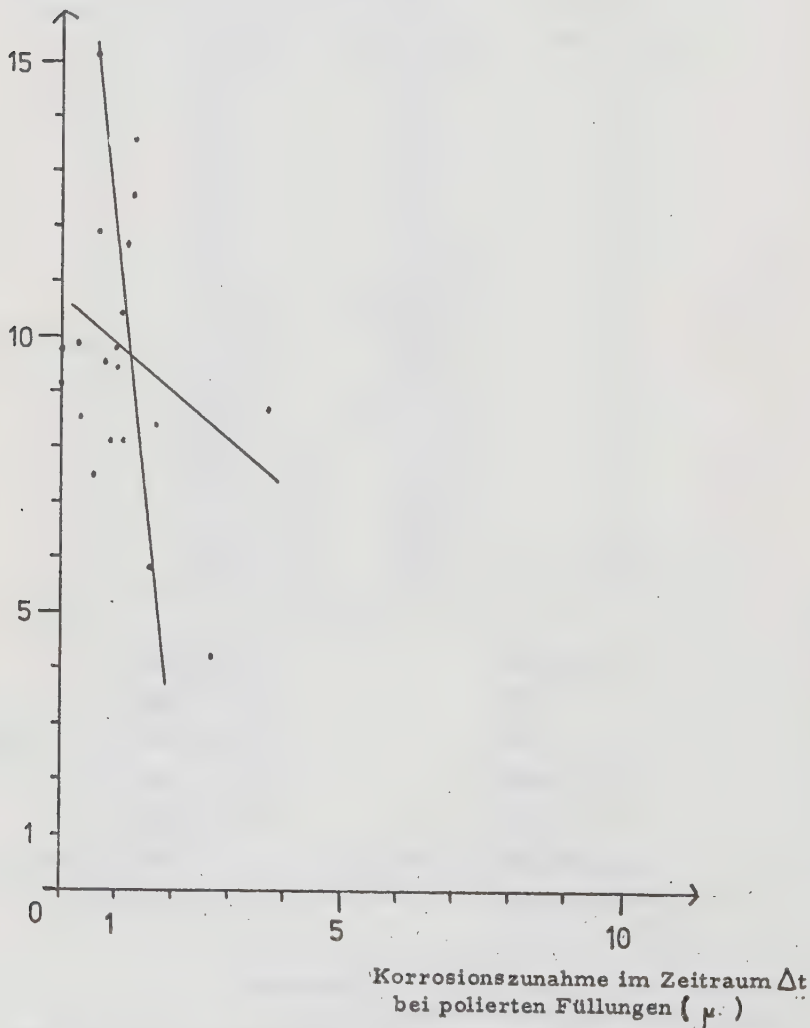
$$x_R = 2,3290 - 0,1090 \cdot y$$

Graphische Darstellung der Tabelle XII:

Für die Korrosionszunahme der polierten und der unpolierten Füllungen im Zeitraum Δt

Korrosionszunahme im Zeitraum Δt bei unpolierten Füllungen (μ)

($\Delta t = 3$ Monate)



Zusammenstellung für Tabelle IX bis XII

Die Werte betragen bei unseren Ergebnissen für den Korrelationskoeffizienten bei:

TABELLE IX	über die Zunahme der maximalen Rauhtiefen der polierten Füllungen: $r = 0,5621$
TABELLE X	über die Zunahme der maximalen Rauhtiefen der unpolierten Füllungen: $r = 0,4553$
TABELLE XI	über die Differenzen der Rauhtiefen zwischen unpolierten und polierten Füllungen zu Versuchsbeginn und nach 3 Monaten: $r = 0,6219$
TABELLE XII	über die Korrosionszunahme der po- lierten und der unpolierten Füllungen im Zeitraum Δt ($\Delta t = 3$ Monate): $r = - 0,3078$

Ob der Korrelationskoeffizient wesentlich oder rein zufällig von 0 abweicht, läßt sich aus der GröÙe t leicht ersehen:

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Für $N - 2$ (n) steht in der Tabelle für die Verteilung von t unter $n = 18$ (Documenta Geigy, 8):

$P = 0,05$	$P = 0,01$	$P = 0,001$
$t = 2,101$	$t = 2,878$	$t = 3,965$

Wir haben in Tabelle IX : $t = 2,88$
 X : $t = 2,13$
 XI : $t = 4,78$
 XII : $t = -1,374$

Wie aus den Aufstellungen über den Wert t hervorgeht, ist nur der Wert von $t = 4,78$ in Tabelle XI mathematisch gesichert.

V ERGEBNISSE

Aus den Versuchen und den vorne durchgeführten Rechnungen lassen sich im wesentlichen drei Ergebnisse ableiten:

- 1) Ein Vergleich der Oberflächen zwischen polierten und unpolierten Amalgamfüllungen, der sowohl mittels des Profilographen als auch der Replikaabdruckmethode durchgeführt wurde, zeigt, daß unpolierte Füllungen wesentlich tiefere Rauhtiefen aufweisen als polierte. Eine Politur der fertigen Amalgamfüllung vermindert also die Rauhgigkeit der Füllungs-
oberfläche.
- 2) Während einer Einwirkungszeit von drei Monaten verstärkt ein künstlich geschaffenes Mundmilieu (Brutschrankaufenthalt bei 37⁰ C in physiologischer Kochsalzlösung) die Rauhtiefen der unpolierten Füllungen mehr als die der polierten. Demnach bietet eine Politur keinen absoluten, wohl aber einen relativen Korrosionsschutz in bezug auf die unpolierten Füllungen.
- 3) Während sich die Ergebnisse der polierten Füllungen in vitro und in vivo nicht unterscheiden, zeigt sich ein Unterschied im Korrosionsgrad zwischen den unpolierten Füllungen im Brutschrank und im Munde des Patienten. Die unpolierten Phantomfüllungen wiesen eine stärkere Korrosion auf.

VI DISKUSSION DER ERGEBNISSE

- 1) Die Ausgangswerte der maximalen Rauhtiefen der unpolierten Füllungen sind verhältnismäßig niedrig, wenn wir sie mit den Untersuchungsreihen anderer Autoren vergleichen, zum Beispiel von G. Luz (25). Möglicherweise erklärt die unterschiedliche Abschlußbehandlung der Oberflächen der frisch gelegten Amalgamfüllungen diesen Unterschied der maximalen Rauhtiefen. Bei der Verwendung eines faserigen Wattebausches wird die noch recht weiche und widerstandslose Amalgamfüllungsoberfläche wieder aufgeraut, während sie unter Anwendung des glatten Rückens einer Sonde oder eines Amalgamstopfers nochmals abschließend kondensiert wird. Dies ist eine Erfahrung der täglichen Praxis.
- 2) Während in der Literatur die Verwendung von Gummipolierern für Amalgamfüllungen abgelehnt wird, weil bei 80° C Quecksilber frei wird und dadurch Poren entstehen, ist nach unserer Meinung gegen diese Methode kein Einwand zu erheben, solange der Gummipolierer im feuchten Milieu arbeitet und dadurch gekühlt wird. Denn nach dem Polieren waren auf dem Registrierstreifen des Profilographen fast keine Unebenheiten mehr festzustellen, die als Rauhtiefen hätten angesehen werden können. Lediglich die Oberflächenprofilkurven der Füllungen blieben ablesbar.
- 3) Vergleichen wir den Korrosionsgrad der unpolierten Füllungen im Munde des Patienten mit den unpolierten Phantomfüllungen, so fällt auf, daß die Korrosion im Munde des Patienten offenbar geringfügiger ist. Diese Erscheinung findet ihre

Erklärung in der Tatsache, daß der Antagonist des mit Amalgam gefüllten Zahnes sowie auch der Speisebrei während des Kauaktes in einer Art von Selbstpolitur die Oberfläche der frisch gelegten Amalgamfüllung bei der Artikulation glättet.

VII ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von der Frage, welchen Einfluß die Politur einer Amalgamfüllung auf deren Korrosionsgrad hat, wurden sowohl Phantomversuche als auch Versuche im Munde von Patienten durchgeführt.

Für die In-vitro-Versuche wurden in zwei Resopalblöckchen jeweils 20 Kavitäten eingelassen, die mit 67%igem Silberamalgam gefüllt wurden. Dabei wurde das Material in vier Portionen eingebracht und gestopft. Die eine Gruppe der Füllungen wurde 48 Stunden später poliert, während die andere Gruppe unbearbeitet blieb. Daran anschließend wurden von jeder Füllungsoberfläche ein Replikaabdruck und fünf Profilogramme gewonnen. Sodann wurden die Amalgamfüllungen einem künstlichen Mundmilieu ausgesetzt, indem sie drei Monate lang bei 37° C in physiologischer Kochsalzlösung im Brutschrank aufbewahrt wurden. Anschließend an diese Einwirkungszeit wurden erneut Abdrücke von der Oberfläche gewonnen und Profilogramme aufgezeichnet.

Da die Eigenbeweglichkeit des Patienten und die Zahnbeweglichkeit nicht ausgeschaltet werden können, beschränkte man sich im Munde des Patienten auf die Replikareliëfmethode. Bei den 30 zur Auswertung geeigneten Füllungen, von denen jeweils zwei Füllungen bei einem Patienten gelegt wurden, wurde darauf gesehen, daß sich in jeder Unterkieferhälfte nur eine Füllung befand. Die Füllung der einen Unterkieferhälfte wurde poliert, während die der anderen Unterkieferseite unpoliert blieb. Auch von diesen Füllungsoberflächen wurden

direkt nach der Fertigstellung der Füllungen und drei Monate später Replikaabdrücke gemacht.

Die Auswertung der Abdrücke und der Profilogramme ergab folgendes:

- 1) Die unpolierten Füllungsoberflächen wiesen eine erheblich größere Rauhtiefe auf als die polierten. Dies gilt sowohl für die Phantomversuche als auch für die Amalgamfüllungen im Munde des Patienten.
- 2) Während bei den polierten Füllungen in vitro nach einer Zeitdauer von drei Monaten, während der sie in physiologischer Kochsalzlösung im Brutschrank aufbewahrt wurden, der Mittelwert der maximalen Rauhtiefenzunahme $1,28 \mu$ betrug, lagen die entsprechenden Mittelwerte der unpolierten Füllungen bei $9,56 \mu$.
- 3) Beim Vergleich des Korrosionsgrades der unpolierten Phantomfüllungen und der unpolierten Füllungen im Munde der Patienten fällt auf, daß bei letzteren die Korrosionszunahme geringer ist. Diese Erscheinung dürfte ihre Erklärung darin finden, daß die Antagonisten der gefüllten Zähne die Füllungen während der Artikulation und der Mastikationsbewegungen polierten.

Da jede Amalgamfüllung als Retentionsmöglichkeit für Speisereste und Bakterien angesehen werden muß, sollte es sich jeder Zahnarzt zur Pflicht machen, die Oberflächen der Amalgamfüllungen mittels einer Politur möglichst klein zu halten, um einer Verschmutzung vorzubeugen.

VIII LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Ambrose, E. R. Gesunde klinische Verfahren für
Amalgamfüllungen.
Quintess. Zahnärztl. Lit. 12, 11 (1960)
- (2) Bauer, J. Mikroskopische Untersuchungen der
Oberflächenbearbeitung von Amalgam-
füllungen mit Hilfe der Replikatechnik.
Med. Diss. Mainz, 1966
- (3) Baume, L. J. Amalgamfüllung Anno Domini 1601.
Österr. Zschr. Stomat. 55, 188 (1958)
- (4) Baume, L. J. Strittige Fragen der konservierenden
Zahnheilkunde in amerikanischer Sicht:
Amalgam - Caries profunda.
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 722 (1955)
- (5) Black, G. V. Die Technik des Zahnfüllens,
in: Konservierende Zahnheilkunde II,
Berlin 1914, S. 388
- (6) Boitel, R. H. Die Amalgamfüllung.
Zahnärztl. Welt 5, 155 (1962)
- (7) Cohnert, A. Kritische Betrachtung und Bewertung
von 10000 Amalgamfüllungen.
Med. Diss. Göttingen, 1954
- (8) Documenta Geigy Wissenschaftliche Tabellen, 6. Auflage,
Basel 1960, S. 61
- (9) Dolder, E. Nichtedle Metalle,
in: Die Zahn-, Mund- und Kieferheil-
kunde V, München 1955, S. 847
- (10) Eifinger, E. F. Lichtmikroskopische Untersuchungen
zur Politur plastischer Füllungsmate-
rialien.
Dtsch. zahnärztl. Z. 6, 570 (1964)

- (11) Eifinger, E. F. Die Replikatechnik und ihre Anwendung in der Mundhöhle.
Schweiz. Mschr. Zahnhlk. 73, 572 (1963)
- (12) Fischer, E. K. Rationelles Polieren von Amalgamfüllungen.
Dtsch. Zahnärzteblatt 6, 491 (1964)
- (13) Greth, H. Die Amalgamfüllung.
München - Berlin 1938, S. 25
- (14) Grundy, J. R. The Effects of Abrasive Agents on an Amalgam Surface.
Dent Pract Toronto Bristol, 9, 262 (1959)
- (15) Haubeil, J. Bemerkungen zur Technik der Amalgamfüllung.
Zahnärztl. Welt 23, 589 (1953)
- (16) Häupl, K. Die Amalgame,
in: Lehrbuch der Zahnheilkunde I,
Wien 1949, S. 450
- (17) Helbig, K. Zur Technik der Amalgamfüllung.
Zahnärztl. Welt 12, 329 (1954)
- (18) Helbig, K. Die Kondensationspolitur der Amalgamfüllung.
Dtsch. Zahnärzteblatt 18, 627 (1958)
- (19) Jeanneret, R. Leitfaden für den Phantomkurs der konservierenden Zahnheilkunde, 2. Aufl.,
Bern 1945, S. 37
- (20) Kantorowicz, G.F. Finishing of Amalgam Restorations.
Dent Pract Bristol 8, 64 (1957)
- (21) Kantorowicz, G.F. Oberflächengestaltung von Amalgamfüllungen.
Zahnärztl. Welt 2, 53 (1959)

- (22) Kilpatrick, H. C. Elimination of Factors affecting the
Finish of Amalgam Restorations.
Schweiz. Mschr. Zahnhlk. 3, 301 (1952)
- (23) Kröncke, A. Zur Rationalisierung der Versorgung
mit Amalgamfüllungen.
Zahnärztl. Rdsch. 8, 282 (1964)
- (24) Loebich, O. Amalgame,
in: Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe
und ihre Verarbeitung.
Berlin 1960, S. 271 - 279
- (25) Luz, G. Untersuchungen über den Einfluß ver-
schiedener Politurverfahren auf Ober-
fläche und Randschluß von Amalgam-
füllungen.
Med. Diss. Tübingen, 1963
- (26) Markley, M. R. Silberamalgamfüllungen.
Quintess. Zahnärztl. Lit. 1, Ref. 445
(1952)
- (27) Miller, E. C. Amalgam und die Mängel bei seiner
Verarbeitung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 400 (1946)
- (28) Montag, E. Das Amalgam als Füllungsmaterial in
der zahnärztlichen Praxis in USA.
Dtsch. Zahnärzteblatt 7, 210 (1960)
- (29) Münch, F. C. Über das Kupferamalgam.
Zahnärztl. Welt 2, 49 (1959)
- (30) Pantke, H. Die Replikatechnik.
Stoma 9, 86 (1956)
- (31) Rebel, H. Füllungsamalgame,
in: Lehrbuch der konservierenden Zahn-
heilkunde, 2. Aufl., München 1947, S. 142

- (32) Reinwald, U. Über das edle Verhalten der Amalgame.
Dtsch. Zahnärzteblatt 23, 1608 (1955)
- (33) Rubinstein, I. Korrosion der polierten und unpolierten Amalgamfüllungen.
Schweiz. Mschr. Zahnhlk. 73, 647 (1963)
- (34) Schug-Kösters, M. und Winterhalter, R.
Die Amalgamfüllung.
Deutscher Zahnärztekalendar 1954, S. 82
- (35) Stegemann, K. Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe
und ihrer Verarbeitung.
Berlin 1960, S. 233 - 242
- (36) Tracksdorf, H. Über die Verwendbarkeit des Kupferamalgams (Cupro-Muc).
Schweiz. Mschr. Zahnhlk. 10, 1035
(1954)
- (37) Walkhoff, O. und Hess, W.
Amalgame,
in: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde.
Leipzig 1949, S. 136
- (38) Wannemacher, E. Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde II,
3. Aufl., Leipzig 1963, S. 693
- (39) Witzel, A. Füllen der Zähne mit Amalgam.
Berlin 1899, S. 121
- (40) Wolf, J. Plastische Histologie der Zahngewebe.
Dtsch. Zahn-, Mund- Kieferhk. 7, 265
(1940)

Zum Abschluß möchte ich Herrn Professor Dr. Dr. W. Ketterl für die Überlassung des Themas und seine freundliche Unterstützung im Verlaufe der Arbeit meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Ebenso gilt mein Dank Herrn Professor Dr. Dr. S. Koller für seine Beratung und seinem Assistenten Dr. Fassl für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung.

LEBENS LAUF

Am 17. August 1942 wurde ich als Tochter des Landgerichtsrates Willi Zeller und seiner Ehefrau Margarete geb. Mayer in Schwäbisch-Hall geboren und auf den Namen Annemarie getauft.

Im September 1949 trat ich in die dortige Volksschule ein und wurde 1953 in das Mädchengymnasium "Im Haal" aufgenommen. An dieser Schule legte ich am 13. März 1962 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1962 begann ich an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen mit dem Studium der Zahnmedizin und bestand dort im Sommersemester 1965 die zahnärztliche Vorprüfung.

Daran anschließend immatrikulierte ich mich an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz und lege dort nach Beendigung des klinischen Studiums zur Zeit das zahnmedizinische Staatsexamen ab.

